

INFLUENCIAS DE LA TEMPERATURA Y MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE ALGUNAS VARIETADES DE PERA Y MANZANA

J. Gil Sierra M. Ruiz Altisent M. Camps Michelena
Departamento de Ingenieria Rural
Escuela T. S. de Ingenieros Agrónomos. Madrid

Influence of temperature and ripeness on the mechanical properties of some varieties of pears and apples

Abstract

On cylindrical probes of pear and apple flesh, static mechanical tests were applied, which included compression to rupture and stress relaxation. The objective was to determine some fundamental mechanical properties: stress and strain to rupture, elasticity modulus, absorbed energy at rupture and slope of the stress relaxation curve. They were tested two varieties of pears and two varieties of apples at different conditions of temperature and ripening. The results show that there is no significant influence of the treatments on the parameters studied except for Blanquilla pear. In this variety, and in a second testing phase, it is shown that the ripeness differences have a higher effect on the variation of some of the parameters than the Magness-Taylor traditional penetrometer reading.

Resumen

Se han realizado ensayos de compresión hasta rotura y de ligera compresión casi instantánea y relajación de la tensión sobre probetas cilíndricas de pulpa de pera y de manzana. El objetivo es determinar algunas propiedades mecánicas fundamentales: tensión y deformación de rotura, módulo de elasticidad, energía absorbida hasta rotura y pendiente de la curva de relajación. Se ensayaron dos variedades de peras y dos de manzanas con diferentes condiciones de temperatura y madurez. Los resultados muestran que no hay influencia significativa de los tratamientos sobre los parámetros estudiados, salvo para la variedad Blanquilla. En esta variedad, y en una segunda fase de ensayos, se observa que las diferencias de madurez influyen en la variación de algunos de los parámetros con mayor intensidad que en los valores de la penetración Magness-Taylor convencional.

1. Introducción

Los frutos que tienen una estructura carnosa tal que permite la obtención de probetas de su pulpa con formas geométricas pueden ser ensayados sometiénolas a esfuerzos de modo similar a como se hace con otros materiales (acero, hormigón) empleados en ingeniería.

Con las probetas geométricas de forma y dimensiones conocidas se pueden obtener algunas propiedades mecánicas al ensayarlas a compresión dentro de la zona elástica, así como las relativas al punto de rotura. Los valores así determinados son independientes de la forma externa y dimensiones de los frutos y reflejarán, de alguna manera, el estado y naturaleza

de la pulpa.

Los intentos de diseñar métodos de ensayo que determinen las propiedades mecánicas fundamentales de los frutos datan de hace varios años y se han intensificado en Europa con el Proyecto COST 90 bis en el que varios laboratorios obtuvieron resultados comparables al aplicar los mismos métodos.

Si los parámetros así determinados varían en función del estado de los frutos, parece lógico pensar que dos de los factores que hacen variar ese estado y, por tanto, el comportamiento mecánico de la pulpa, sean la temperatura y el estado de madurez. En los frutos en que esto se cumpla, se pueden desarrollar métodos de evaluación de la madurez en función de los valores de los parámetros mecánicos fundamentales.

2. Materiales y métodos

Los frutos elegidos al comenzar el estudio fueron manzanas (variedades Golden Delicious y Grannie Smith) y peras (variedades Blanquilla y Passa Crassana), escogidas por su amplia difusión e importancia económica en España.

Antes de extraer probetas de la pulpa se hacía el ensayo de penetración de Magness-Taylor en algún lugar de la zona ecuatorial de cada fruto.

Se obtuvieron probetas cilíndricas de 17 mm de diámetro y 17 mm de altura; tanto las dimensiones de las probetas como el procedimiento de obtención son los fijados en el Proyecto COST 90 bis. El procedimiento de obtención, ilustrado en la figura 1, es el siguiente: a) Se corta el casquete superior e inferior del fruto de modo que nos quedemos con la parte central de forma casi cilíndrica. b) Se perfora la parte central con un cilindro hueco de 17 mm de diámetro interior cuidando que no se corte ni la epidermis ni la zona central donde están las pepitas. c) Se introduce la porción de pulpa así separada en una pieza de 17 mm de espesor en cuyo centro tiene un orificio circular de 17 mm de diámetro, cortando la longitud que sobresale por ambos lados.

De cada fruto se obtenían dos probetas para someter cada una de ellas a un ensayo: compresión hasta rotura y relajación de la tensión; ambos se realizan con la Máquina Universal de Ensayos INSTRON modelo 1122.

El ensayo de compresión hasta rotura consiste en comprimir la probeta entre dos placas paralelas hasta que, tras acortarse unos milímetros, termina por romperse, obteniendo la curva fuerza-deformación del proceso. La velocidad de la placa de compresión era de 50 mm/min.

El ensayo de relajación de la tensión consiste en comprimir ligeramente la probeta y, después, dejarla atrapada entre las dos placas paralelas con la deformación constante, registrando en una gráfica la fuerza con que la probeta se opone a la deformación. La deformación inicial se fijó en 2 mm. y la velocidad de la placa de compresión hasta provocar esa deformación en 50 mm/min.

En la figura 2 puede verse la forma típica de las curvas de rotura y relajación de la tensión.

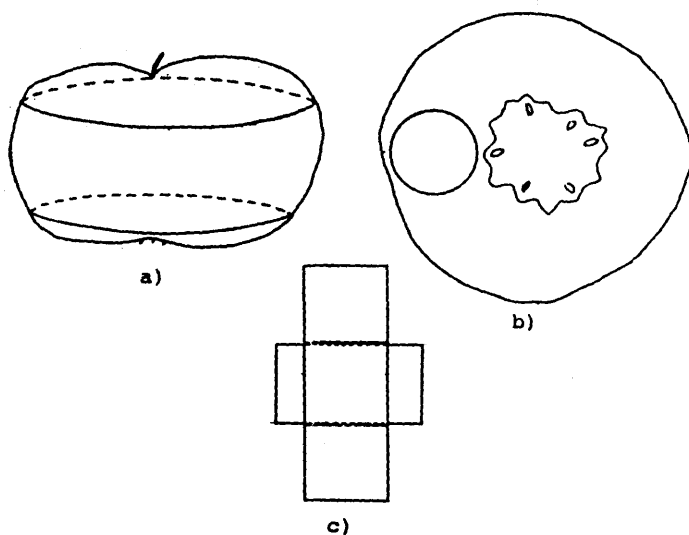


Figura 1.- Obtención de probetas de la pulpa de los frutos

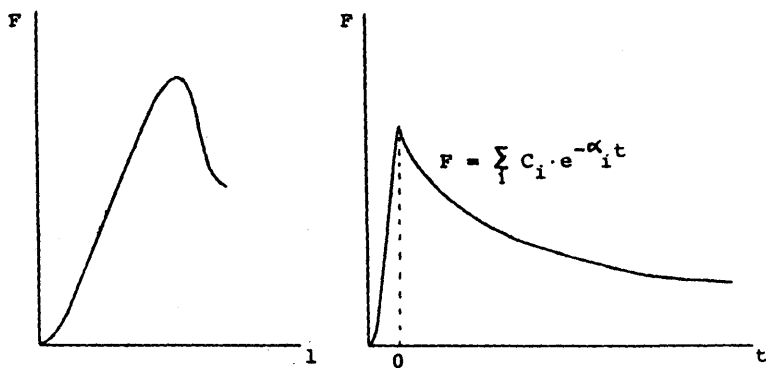


Figura 2.- Curvas de compresión hasta rotura (izquierda) y relajación de la tensión (derecha)

A partir de la curva fuerza-deformación hasta rotura se obtienen los siguientes parámetros: Fuerza de rotura. Deformación unitaria en el punto de rotura. Módulo de elasticidad calculado a partir del tramo medio de la curva donde esta es casi rectilínea. Área comprendida bajo la curva hasta el momento de la rotura, es decir, energía absorbida por la probeta hasta que se rompe.

En la curva de relajación se leen las coordenadas fuerza-tiempo de un gran número de puntos para ajustar una ecuación de la forma $F = \sum C_i \cdot e^{-\alpha_i t}$, determinando el número de términos exponenciales y los coeficientes C y α de cada uno de ellos mediante el método desarrollado por Gil, Ruiz y Chen (1984). Una vez obtenida la ecuación, se calcula el valor de la pendiente de la curva en 3 instantes, cuando $t=0$, $t=5$ y $t=10$ seg.

Los frutos objeto de los ensayos eran elegidos, en cada variedad, lo más uniformes posible, y mantenidos a 4°C desde su adquisición hasta que se sacaban para ponerlos a la temperatura del ensayo.

En 1986 se ensayaron las 4 variedades citadas; los frutos eran sometidos desde 24 horas antes de ser ensayados a las temperaturas de 5°, 20° y 35°, siendo estas temperaturas los tratamientos que se consideraron.

En 1987, dado que, como se indicará a continuación, sólo en las peras de la variedad Blanquilla se obtuvieron diferencias significativas en el valor de los parámetros, se ensayó esta variedad en fechas distintas para tener diversos grados de madurez. Cada partida que se sacaba de la cámara de conservación se ensayaba al cabo de estar 1, 2 ó 3 días a 20°.

El análisis estadístico realizado con los datos obtenidos ha sido el análisis de varianza para estudiar si hay diferencias significativas entre los valores encontrados para los diferentes tratamientos.

3. Resultados

En la tabla I se muestran los resultados obtenidos al hacer el análisis de varianza con los valores de cada parámetro comparando los encontrados a 5°, 20° y 35°. Se observa que únicamente en la pera Blanquilla los resultados son significativamente diferentes para la casi totalidad de los parámetros con un alto nivel de significación.

Tabla I.- Parámetros que muestran valores significativamente diferentes en los tratamientos considerados.

	F	ϵ	E	En	0	5	20
Golden Delicious	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	5%	0,1%
Grannie Smith	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	2,5%	0,5%
Blanquilla	0,1%	Ns	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Passa Crassana	Ns	Ns	Ns	Ns	2,5%	Ns	Ns

Las cifras indican el nivel de significación

En la tabla se han empleado los símbolos F (fuerza de rotura), ϵ (deformación unitaria de rotura), E (módulo de elasticidad), En (energía absorbida), 0 (pendiente en el instante inicial), 5 (pendiente al cabo de 5 segundos de relajación de la tensión), 20 (pendiente al cabo de 20 segundos).

Las variedades que no muestran valores de los parámetros significativamente diferentes puede ser porque, aparte de no influir la temperatura de ensayo en el valor de los parámetros, el cabo de un día de encontrarse la fruta a 20° ó 35° la madurez ha variado tan poco que los valores de los parámetros no se han visto afectados por ella.

En cualquier caso, al tratar de hallar relaciones entre el estado de madurez y el valor de los parámetros considerados, los posteriores estudios se hicieron únicamente sobre peras de la variedad Blanquilla al ser las que mostraban una mayor variabilidad de los parámetros según la temperatura o la madurez inducida por ella.

Los resultados obtenidos en 1987 sobre peras de la variedad Blanquilla mostraron valores significativamente diferentes en los parámetros considerados. Las fechas y tiempo de maduración fueron los siguientes: 29-9 (1 día a 20° C), 30-9 (2 días a 20° C), 1-10 (3 días a 20° C), 11-11 (1 día a 20° C), 12-11 (2 días a 20° C) y 13-11 (3 días a 20° C).

Tras hacer los análisis de varianza, se empleó el método de Scheffé (Neter y Wasserman 1974) para comparar dos a dos todos los tratamientos (fechas de ensayo), obteniéndose para cada parámetro los resultados mostrados a continuación:

Magness-Taylor		Fuerza de rotura		ϵ de rotura	
Fecha	Fuerza(N)	Fecha	Fuerza(N)	Fecha	mm/mm
29-9	48,10	29-9	147,8	29-9	0,257
30-9	31,13	30-9	84,1	30-9	0,231
1-10	19,79	1-10	44,2	1-10	0,179
11-11	13,43	11-11	43,1	11-11	0,169
12-11	8,36	13-11	25,8	13-11	0,150
13-11	7,96	12-11	24,1	12-11	0,148

Mód. de elasticidad		Energ. rotura		F compresión 2 mm	
Fecha	N/m ² 10°	Fecha	Julios	Fecha	N
29-9	3.801	29-9	0,3037	29-9	53,03
30-9	2,168	30-9	0,1525	30-9	35,78
1-10	1,430	1-10	0,0712	1-10	33,13
11-11	1,623	11-11	0,0607	11-11	28,56
13-11	1,815	13-11	0,0326	12-11	23,32
12-11	1,060	12-11	0,0308	13-11	23,04

Pendiente Fecha	5 s pend.	Pendiente 20 s Fecha	pend.
29-9	0,6059	29-9	0,1340
1-10	0,4999	30-9	0,1110
30-9	0,4771	1-10	0,1104
11-11	0,4187	11-11	0,0853
13-11	0,3849	12-11	0,0680
12-11	0,3659	13-11	0,0624

4. Conclusiones

Los valores de la fuerza de penetración según el ensayo de Magness-Taylor no permite individualizar ninguno de los estados de madurez considerados.

Los valores del módulo de elasticidad de las probetas y los de la fuerza necesaria para comprimir las 2mm separan el estado de madurez en que los frutos se hallaban el 29-9 de los restantes.

Los valores de la energía absorbida por las probetas hasta que sobreviene su rotura individualizan los estados de madurez de los dos primeros días aunque no es posible discernir entre los otros cuatro.

En futuros estudios se intentará encontrar una combinación lineal de los parámetros considerados que nos permita discernir con mayor claridad los estados de madurez en que se encuentren las peras de la variedad Blanquilla.

5. Referencias

- Gil J., M. Ruiz y P. Chen. 1984. Numerically Calculated Viscoelastic Constants Related to Bruising Resistance. Artículo de ASAE nº 84/6502, Winter Meeting of ASAE.

- Neter J y W. Wasserman. 1974. Applied Linear Statistical Models. Richard D. Irwin, Inc.